Über den gegenwärtigen Stand der Freikolbentechnik

Autor(en): **Huber, Robert**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **80 (1962)**

Heft 35

PDF erstellt am: **23.04.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-66217

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

ORGAN DES SCHWEIZERISCHEN INGENIEUR- UND ARCHITEKTEN-VEREINS S.I.A. UND DER GESELLSCHAFT EHEMALIGER STUDIERENDER DER EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE G.E.P.

Über den gegenwärtigen Stand der Freikolbentechnik

DK 621.512:621.438

Von **Robert Huber**, dipl. Ing. ETH, Paris

1. Allgemeines

Im Laufe der vergangenen Jahre sind an dieser Stelle verschiedene Aufsätze über den jeweiligen Stand der Freikolbentechnik erschienen [1], [2], [3]. Seit der letzten Veröffentlichung [4] ist eine beträchtliche Anzahl Freikolbenanlagen in Betrieb gesetzt worden, und die gesamte Laufzeit aller Gaserzeuger erreicht zurzeit etwa zwei Millionen Stunden. Es mag darum gerechtfertigt erscheinen, eine Uebersicht über den gegenwärtigen Stand zu geben. Tabelle 1 zeigt die Verteilung der gelieferten und im Bau befindlichen Maschinen, geordnet nach Anzahl der Gaserzeuger pro Turbine und nach Anwendungsgebiet.

Alle diese Gaserzeuger sind vom gleichen Typ GS-34, ob es sich um Anlagen in Kriegsschiffen, in Handelsschiffen, auf Lokomotiven oder in Kraftwerken handelt. Diese vielseitige Anwendungsmöglichkeit ist eines der wesentlichen Merkmale der neuen Motorenart, denn die geringen Abmessungen ermöglichen einerseits den Einbau auf Kriegsschiffen und Lokomotiven, während gleichzeitig die robuste Bauweise und der günstige Brennstoffverbrauch ihre Anwendung in Kraftwerken auch für Grundlastbetrieb rechtfertigt. Ein wesentlicher Vorteil liegt auch darin, dass durch Aufstellen eines zusätzlichen Gaserzeugers das Problem der Reserve sehr wirtschaftlich gelöst werden kann.

Der Freikolbengaserzeuger vom Typ GS-34 ist schon oft beschrieben worden, und seine Arbeitsweise wird als bekannt vorausgesetzt. Die einzige nennenswerte Abänderung, welche im Laufe der vergangenen Jahre erfolgte, ist der Ersatz der zwei Vorkammern durch zwei direkte Einspritzdüsen, so dass die heute gelieferten Gaserzeuger eine Einspritzvorrichtung haben, welche aus einer einzigen Einspritzpumpe und sechs direkten Einspritzdüsen besteht. Diese Abänderung ermöglichte eine nicht unwesentliche Vereinfachung der Maschine und erschien gerechtfertigt, trotzdem sie eine leichte Erhöhung der maximalen Verbrennungsdrücke zur Folge hatte.

Obwohl der Aufbau der Gaserzeuger sich in den letzten Jahren kaum verändert hat, sind doch wesentliche Fortschritte in bezug auf Betriebssicherheit und Standzeit der dem Verschleiss unterworfenen Elemente erreicht worden. Dieser Fortschritt ist zum Teil auf geeigneteres Material, im wesentlichen aber auf bessere Schmieröleigenschaften zurückzuführen. Es ist vor allem den Schmierölproduzenten zu verdanken, dass die Abnützungsziffern heute nur noch ein Bruchteil derjenigen sind, welche vor einigen Jahren gemessen wurden. Es ist zudem selbstverständlich, dass die Erfahrungen so vieler Betriebsstunden unter sehr verschiedenen Betriebsbedingungen dem Konstrukteur die Möglichkeit gaben, die unvermeidlichen Kinderkrankheiten auszumerzen.

Tabelle 1. Ausgeführte Freikolben-Turbinenanlagen

Anzahl der Gaserzeuger pro Turbine	Anzahl der Freikolben-Turboanlagen für Kraftwerke	Schiffsantrieb	Pumpen und Kompressoren	Lokomotiven
1	3	46	3	5
2	17	8	—	
3	—	3	5 × 3 [1])	
4	9	10	6	
5	8	—	—	
6	2	1	—	
8	19	4	—	
24 [2])	1	—	—	

[1]) 6 Turbinen, die an eine von 15 Gaserzeugern gespiesene Sammelleitung angeschlossen sind (1 Turbine als Reserve).

[2]) 12 Zwillingsgaserzeuger Typ GS-234.

Bild 1 zeigt, in Form dreidimensionaler Diagramme, die wichtigsten Betriebsgrössen eines Gaserzeugers vom Typ GS-34, und zwar in Abhängigkeit des Gasdruckes und der äusseren Hubendlagen. Auf dem Diagramm für die Gasmengen ist überdies der Verlauf der Fläche eingetragen, welche die Gasmenge angibt, die bei veränderlichem Gasdruck durch die Turbine strömen kann. Die Schnittkurve Y—Z der beiden Flächen dieses Diagrammes gibt die Betriebsgrössen einer Anlage bei veränderlicher Leistung an. Ist der Gasdruck geringer als derjenige, welcher dem Punkt Y entspricht, so muss eine mit sinkendem Druck zunehmende Menge Gas, dargestellt durch die schraffierte Fläche, abgeblasen werden. Der Leerlauf einer Kraftzentrale liegt beim Betriebspunkt X.

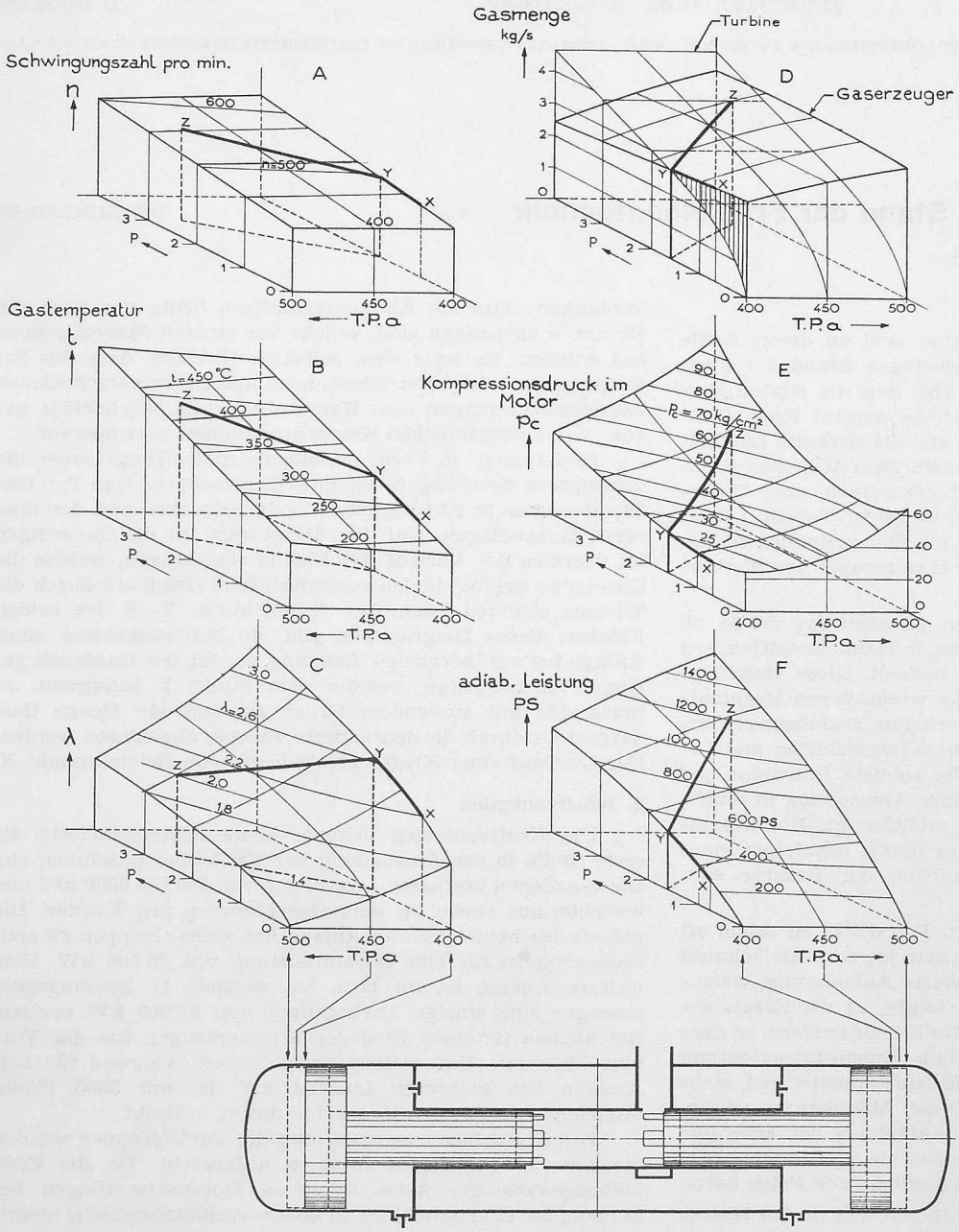
2. Kraftzentralen

Die Kraftzentralen nehmen heute leistungsmässig die erste Stelle in der Anwendung der Freikolbenmaschinen ein. Diese Anlagen umfassen Leistungen von 700 bis 6000 kW und bestehen aus einem bis acht Gaserzeugern pro Turbine. Die grösste bis heute gebaute Anlage hat sechs Gruppen zu acht Gaserzeugern für eine Gesamtleistung von 36 000 kW. Eine weitere Anlage ist im Bau, bei welcher 12 Zwillingsgaserzeuger eine einzige Turbogruppe von 22 000 kW speisen. Bei kleinen Gruppen wird der Stromerzeuger von der Turbine über eine Uebersetzung angetrieben, während für Leistungen von mehreren tausend kW die mit 3000 U/min drehende Turbine den Generator direkt antreibt.

Die Freikolbenmaschinen und die Turbogruppen werden meistens in getrennten Räumen aufgestellt. Da die Freikolbengaserzeuger keine schweren Hebevorrichtungen benötigen, ist es möglich, sie in einem verhältnismässig niedrigen und leicht gebauten Gebäude unterzubringen, während die Turbogruppe, welche bedeutend schwerere Einzelteile aufweist, die üblichen Hebevorrichtungen und entsprechende Gebäude benötigt. Die Freikolbengaserzeuger stehen gewöhnlich achsparallel zueinander in einer Reihe, entlang welcher die Sammelleitungen der Kühlflüssigkeiten sowie die Leitungen für Brennstoff und Druckluft geführt werden. Die Druckgasleitung wird vorteilhaft getrennt von dem Freikolbengaserzeuger abgestützt; natürlich ist es dann unumgänglich, die Verbindungsleitungen zwischen den Gaserzeugern und der Sammelleitung mit Dehnungselementen zu versehen.

Die schon früher beschriebenen, in der Gasleitung eingebauten Dreiwegventile, welche den Zwck haben, bei kleiner Leistung den Ueberschuss an Gas abzulassen, können entweder auf dem Druckgasbehälter der Gaserzeuger oder am Eintritt zur Sammelleitung angeordnet werden. Diese Ventile ermöglichen eine gasdichte Trennung zwischen der Sammelleitung und den einzelnen Gaserzeugern, was zum Ueberholen einer einzelnen Maschine natürlich unerlässlich ist.

Das Dämpfen der Ansaugschwingungen ist bei solchen Anlagen ein sehr wichtiges Problem, besonders seit diese Schwingungen durch geeignete Wahl der Ansaugrohre absichtlich verstärkt wurden, um die Kompressorzylinder am Ende des Ansaughubes mittels eines Druckstosses auf Ueberdruck aufzuladen. Es hat sich gezeigt, dass durch Ab-



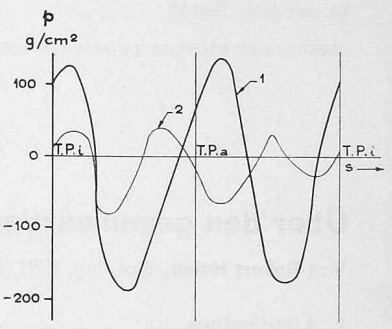


Bild 2. Druckschwingungen vor dem Kompressoreinlass. T.P.i, T.P.a Totpunktlagen innen u. aussen, p Druck vor Einlassventil, 1 zweite harmonische Schwingung, 2 dritte harmonische Schwingung

Bild 1 (links). Betriebsgrössen eines Gaserzeugers Typ GS. 34 in Abhängigkeit des Gasdruckes und der äusseren Hubendlagen, p = Gasdruck in atü, T. P. a. = Distanz zwischen Maschinenmitte und äusserer Hubendlage, X, Y, Z = Betriebspunkte bei Leerlauf, Schliessen des Abblaseventiles und bei Vollast

stimmen des Ansaugsystems auf die zweite Harmonische der Grundschwingung der Gaserzeuger am Ende des Ansaughubes ein beträchtlicher Ueberdruck von 0,1 bis 0,2 atü erreicht werden kann. Bild 2 zeigt einen typischen Schwingungsverlauf im Ansaugraum, der jeden der Kompressorzylinder umgibt. Die Saugventile schliessen in diesem Falle nicht genau im äusseren Totpunkt, sondern erst bei Druckausgleich nach der Bewegungsumkehr.

Diese verstärkten Druckschwingungen dürfen natürlich nicht an die Atmosphäre übertragen, sondern müssen vorher in einer oder zwei, untereinander durch Venturirohre verbundenen Ausgleichskammern abgedämpft werden. Solche Kammern können entweder aus Beton oder aus Blech bestehen. Es genügt, zwei Kammern mit einem Volumen von je 3 bis 5 m³ vorzusehen, um eine bei allen Anwendungen genügende Dämpfung zu erreichen.

Bei einer Ausführung in Blech lassen sich diese Kammern auch auf dem Dache anordnen, was bei stark staub- oder sandhaltiger Atmosphäre von besonderem Vorteil ist.

Das Aufladen durch einen Druckstoss erhöht den volumetrischen Wirkungsgrad der Kompressorzylinder und ermöglicht bei unveränderten Abmessungen eine Erhöhung der Leistung. Ein nicht zu unterschätzender Vorteil ist dabei auch der Umstand, dass bei Teillast das Schwingungssystem infolge der kleineren Schwingungszahl der Gaserzeuger der aufgezwungenen Frequenz nicht mehr angepasst ist, wodurch sich eine verminderte bis negative Aufladung ergeben kann, was das Anpassen der Gasförderung an die Schluckfähigkeit der Turbine erleichtert.

Zwischen Druckgassammelleitung und Turbine sind keinerlei Regel- oder Drosselorgane eingeschaltet; es hat sich auch nicht als notwendig erwiesen, vor dem Turbineneintritt einen Filter anzuordnen.

Bild 3 zeigt den Schnitt durch eine Turbine der Société Alsthom in Belfort, welche bei 3000 U/min 6000 kW leistet. Die Turbine hat 8 Gleichdruckstufen, der mittlere Schaufeldurchmesser des ersten Rades beträgt 920 mm. Falls der Wechselstromgenerator als Synchron-Kompensator verwendet werden soll, ist zwischen Turbine und Stromerzeuger eine im Betrieb zu- oder abschaltbare Kupplung vorgesehen.

Auf Bild 4 ist das Regelschema einer aus mehreren Gaserzeugern bestehenden Anlage dargestellt. Auf bekannte Art wird, entsprechend diesem Schema, der Oeldruck in der Leitung 1 durch den Drehzahlregler 2 proportional der Turbinendrehzahl eingestellt. Dieser Druck wirkt im Leistungsbereich zwischen Leerlauf und ungefähr 35 % der Vollast auf die Abblasventile 3, welche am Gasaustritt jedes Gaserzeugers vorhanden sind. Bei steigender Leistung bewirkt der Regler ein stetiges Verkleinern des Ventilquerschnittes, wodurch der Druck der Gase ansteigt und die Turbinenleistung zunimmt. Innerhalb dieses Lastbereiches erfolgt die Regulierung der Brennstoffmenge durch den Gasdruck oder den Druck in der Rückwurfstufe, welcher über einen Nokken derart auf die Regelstange einwirkt, dass bei allen Drücken die minimal notwendige Hublänge erreicht wird. Sobald bei steigender Leistung die Abblasventile schliessen, wirkt der Regeldruck der Leitung 1 direkt auf die Brennstoffpumpen und erhöht, wenn er steigt, die eingespritzte Brennstoffmenge, wodurch sich der Hub verlängert, die geförderte Gasmenge zunimmt und infolgedessen der Gasdruck ansteigt. Ein zweiter Nocken hat die Aufgabe, die

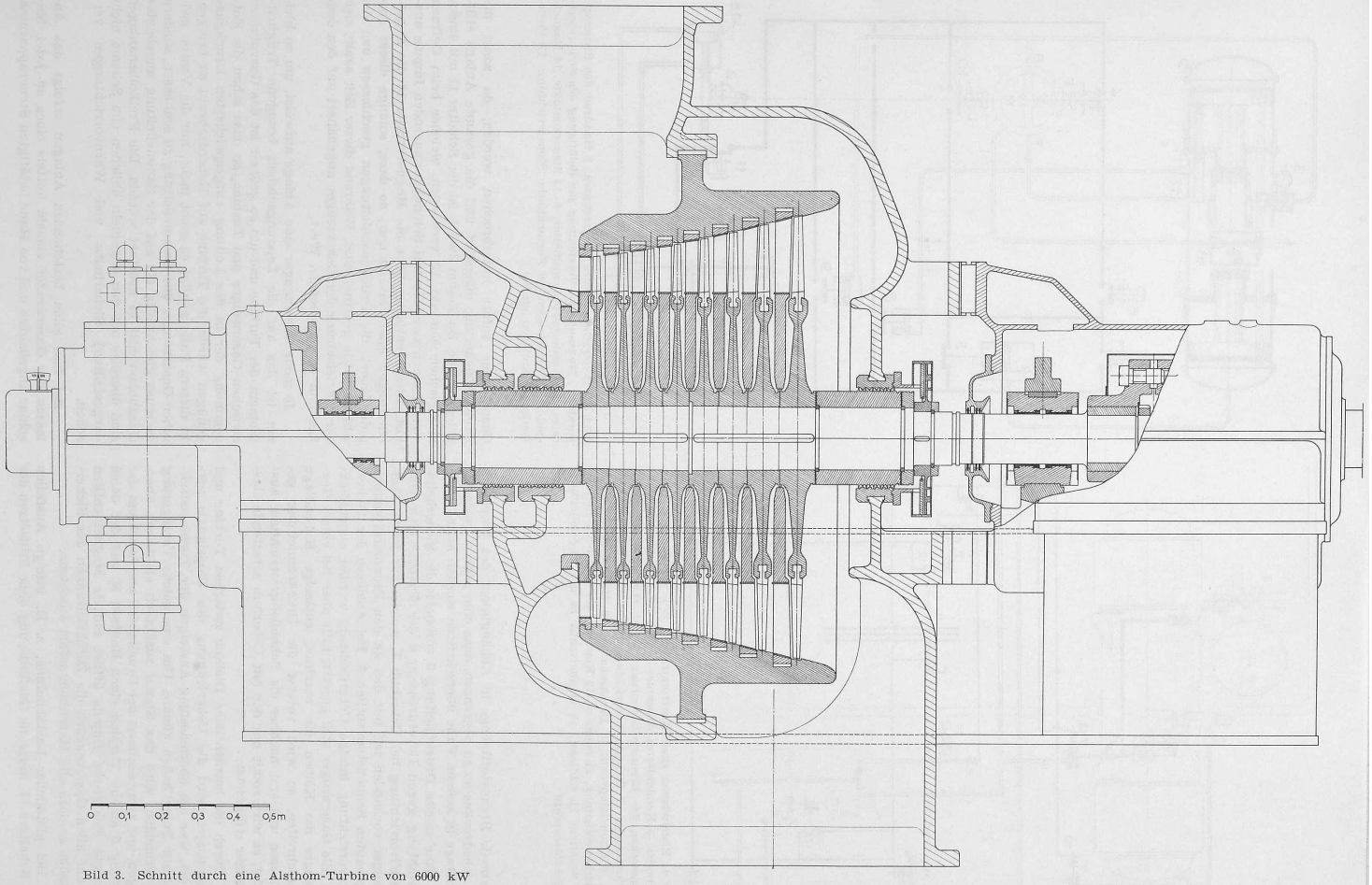


Bild 3. Schnitt durch eine Alsthom-Turbine von 6000 kW

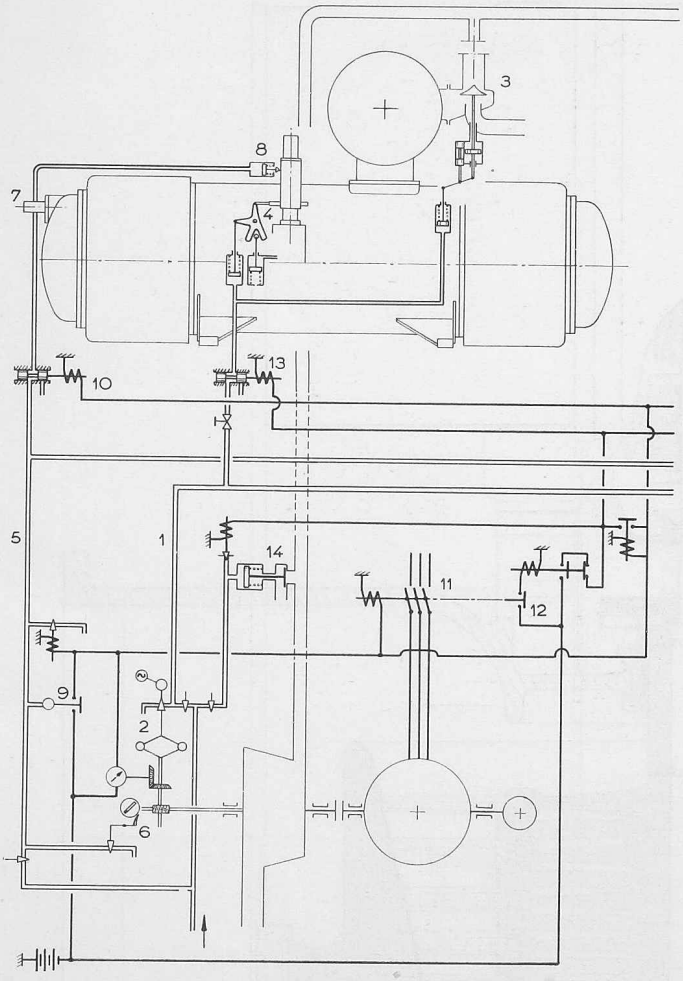


Bild 4. Regelschema einer Kraftzentrale. 1 Regelölleitung, 2 Drehzahlregler, 3 Kombiniertes Abschluss- und Abblaseventil, 4 Begrenzungsnocken der Brennstoffsteuerung, 5 Sicherheitsölleitung, 6 Sicherheitsregler, 7 Sicherheitsvorrichtung gegen Ueberhub der Kolben, 8 Schnellstopventil, 9 Druckschalter, 10 Magnetventil in der Sicherheitsölleitung, 11 Schalter, 12 Kontakt, der sich beim Oeffnen des Schalters 11 schliesst, 13 Magnetventil in der Regelölleitung, 14 Gasablassventil

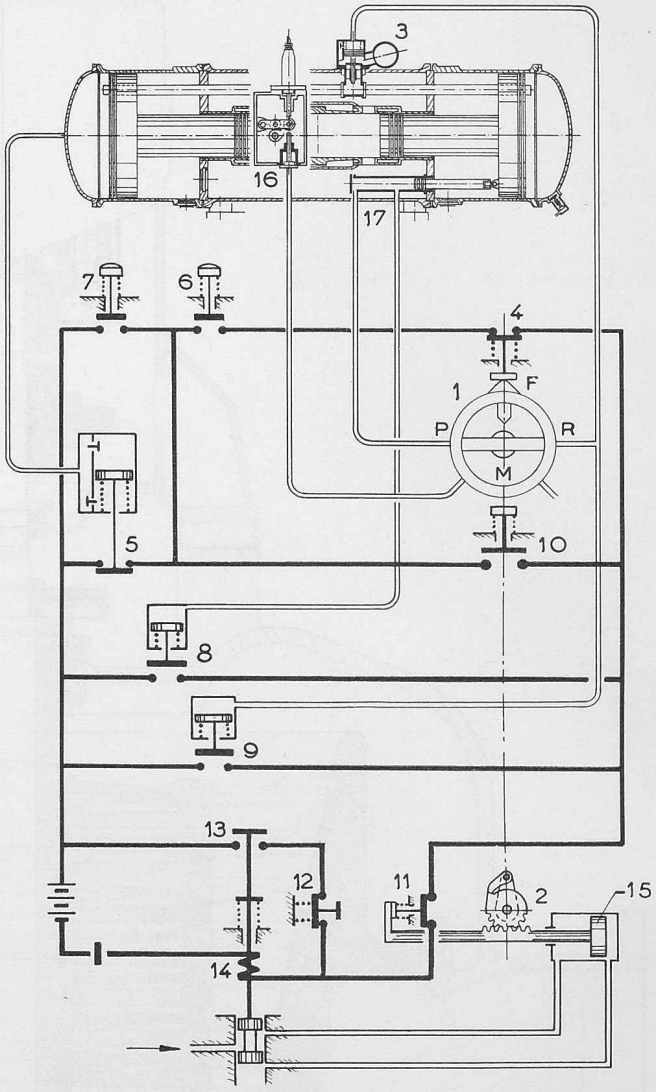


Bild 5. Steuerschema eines Gaserzeugers. 1 Handrad des Steuerapparates, 2 Hydraulische Vorrichtung zur Betätigung des Steuerapparates, 3 Anlassluftzwischenbehälter, 4—13 Steuerkontakte, 14 Magnetspule, 15 Steuerkolben, 16 Pneumatische Stopvorrichtung, 17 Pneumatischer Kolbenversteller

maximale Brennstoffmenge in Abhängigkeit des jeweiligen Betriebsdruckes so zu begrenzen, dass eine grösste zulässige Hublänge in keinem Falle überschritten werden kann.

Eine zweite Druckölleitung 5 verbindet die Sicherheitsvorrichtung gegen Ueberdrehzahl 6 der Turbine über eine Abstellvorrichtung bei Ueberhub 7, welche auf jedem Gaserzeuger vorhanden ist, mit den an den Brennstoffpumpen angebauten Schnellstopventilen 8. Bei Auslösen der Sicherheitsvorrichtung infolge Ueberdrehzahl werden augenblicklich alle Gaserzeuger still gesetzt, falls aber bei einem Gaserzeuger die Kolben die maximal zulässige Hubendlage überschreiten, so wird vorerst die Druckölzuleitung geschlossen und erst nachher die Schnellstopvorrichtung ausgelöst, es wird somit nur der mit Ueberhub arbeitende Gaserzeuger stillgesetzt.

Durch die beträchtliche Distanz zwischen Turbine und Gaserzeuger wird die Uebertragung des Stopsignals verzögert, was ein übermässiges Ansteigen der Turbinendrehzahl zur Folge haben könnte. Um eine solche Verzögerung zu vermeiden, wird das Signal zusätzlich elektrisch übertragen, und zwar schliesst der Druckabfall am Anschluss der Leitung 5 an der Turbine einen Kontakt 9, und der dabei erzeugte elektrische Impuls öffnet mittels Magnetventilen 10 auf allen Gaserzeugern die Zufuhrleitungen des Sicherheitsöls, so dass alle Maschinen sofort aussetzen.

Bei plötzlicher Lastabnahme, z. B. infolge Ausfallen des Schalters 11, muss die Gasförderung ohne Stillsetzen der Gaserzeuger sofort unterbrochen werden, da sonst die Drehzahlsicherung ausgelöst und die gesamte Anlage stillgelegt würde. Zu diesem Zweck ist der Schalter 11 mit einem elektrischen Kontakt 12 verbunden, welcher beim Oeffnen von 11 einen zwei bis drei Sekunden dauernden Impuls auslöst. Dieser entlastet über die Magnetventile 13 die Regelölleitungen aller Gaserzeuger, so dass, solange dieser Impuls dauert, die Druckgaszuleitungen geschlossen und die Abblasventile geöffnet sind. Während dieser Zeit senkt sich der Betriebsdruck der Gaserzeuger angenähert auf den dem Leerlauf entsprechenden Wert.

Je mehr Gaserzeuger eine Anlage aufweist, um so kleiner ist das auf die Leistungseinheit bezogene Trägheitmoment der Turbine und um so grösser ist das Gasvolumen zwischen Gaserzeuger und Turbine, so dass schon die Entspannung der in der Leitung aufgespeicherten Druckgase genügen würde, die Turbine auf Ueberdrehzahl zu bringen. In diesem Falle genügt es nicht mehr, nur die Ventile zwischen Gaserzeuger und Sammelleitung zu schliessen, sondern es muss gleichzeitig ein auf der Sammelleitung angebautes Gasabblasventil 14 geöffnet werden. Die Freikolbenanlagen sind überdies mit den allgemein üblichen (im Schema nicht dargestellten) Sicherheits- und Warnvorrichtungen versehen.

Bei fast allen bestehenden Anlagen erfolgt das Anlassen der Gaserzeuger einzeln mittels eines an jeder Maschine angebauten und von Hand betätigten Steuerapparates.

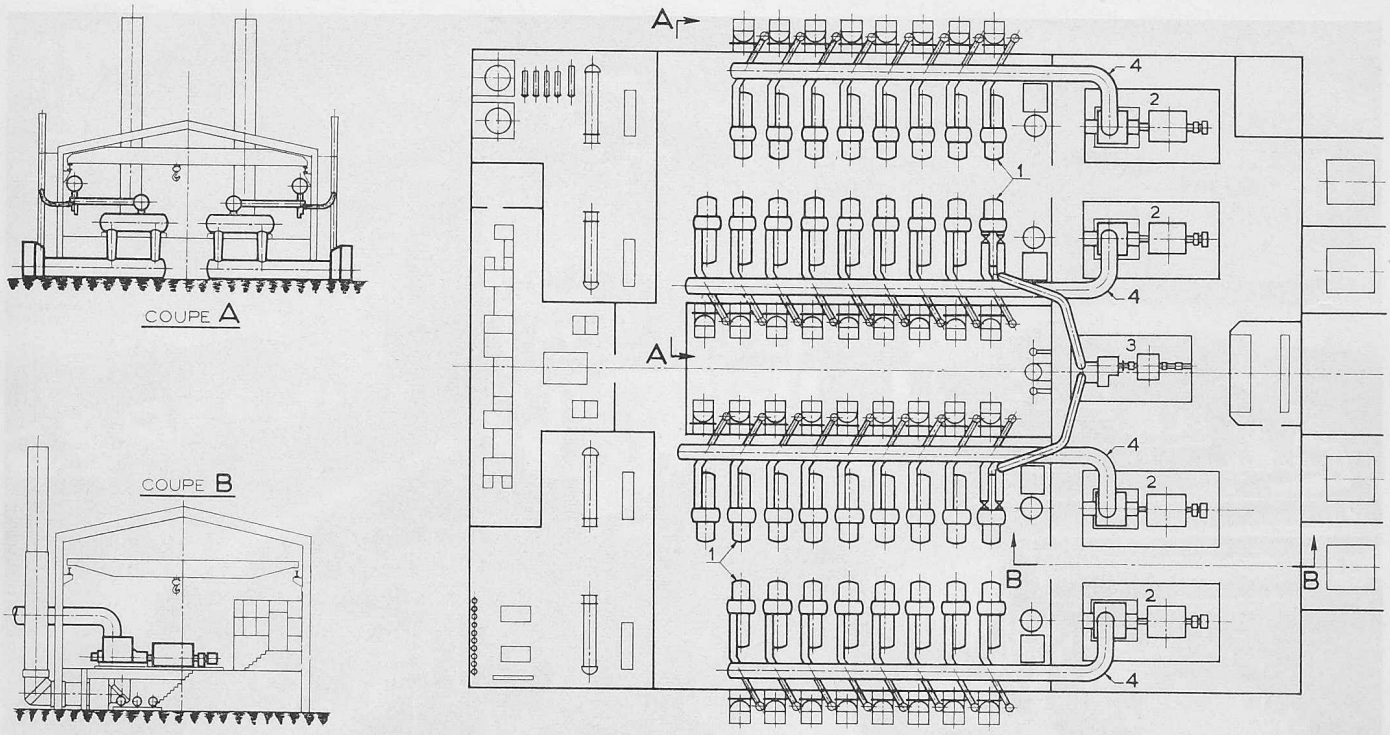


Bild 6. Freikolben-Gasturbinen-Anlage «Doniambo» von 25 000 kW. 1 Gaserzeuger, 2 Gasturbinen von 6000 kW, 3 Gasturbine von 1500 kW, 4 Gasleitung

Um bei grösseren Anlagen die für das Inbetriebsetzen benötigte Zeit auch bei wenig Personal verkürzen zu können, wurde eine Fernsteuerung entwickelt, welche schon in mehreren Zentralen eingebaut ist. Sie ermöglicht es, von einem zentralen Steuerstand aus die Gaserzeuger einzeln oder gemeinsam anzulassen und sie an die Sammelleitung an- oder abzuschalten. Das Steuerschema für das Anlassen und Abstellen ist im Schema Bild 5 dargestellt. Es besteht aus drei Steuerkreisen, nämlich einem elektrischen Steuerkreis, welcher die Impulse übermittelt, einem hydraulischen Steuerkreis, welcher anstelle des Handrades den Steuerschieber betätigt, und einem pneumatischen Steuerkreis, welcher die Energie für das Anlassen, das Abstellen und das Hinausschieben der Kolben in ihre Anlasstellung liefert.

Das Handrad 1 des Steuerapparates wird durch die hydraulische Vorrichtung 2 jeweils um 90° gedreht; in der ersten Stellung (R) öffnet der Steuerapparat die Verbindung zwischen dem Anlassluftbehälter und dem Anlassraum 3. Im Laufe der folgenden Viertelsdrehung erfolgt das Anlassen an dessen Ende, in der Stellung M, ist der Gaserzeuger im Betrieb. Während der dritten Viertelsdrehung wird die Maschine gestoppt, und in der Stellung P schieben sich die Kolben in ihre Anlasstellung.

Die einzelnen Vorgänge bei der Fernbetätigung verlaufen folgendermassen: Bei Stillstand der Gaserzeuger befindet sich das Handrad in der Stellung F, die Kontakte 4 und 5 sind geschlossen. Durch Drücken des Knopfes 6 wird durch die Magnetspule 14 der Steuerschieber in der Oelzuleitung nach unten verstellt, und das Drucköl verschiebt den Kolben 15 mit der Zahnstange nach links, bis er am Ende des Hubes durch Oeffnen des Kontaktes 12 den Stromkreis unterbricht, welcher den Steuerschieber in seiner unteren Lage festhielt. Nach dieser ersten Viertelsdrehung strömt Druckluft in den Anlassbehälter 3; sobald der zum Anlassen notwendige Druck erreicht ist, schliesst sich der Kontakt 9 und bewirkt dadurch eine zweite Viertelsdrehung des Handrades. Am Anfang dieser zweiten Steuerperiode wird der Steuerraum des Anlassventiles entlastet; dieses öffnet sich, und der Gaserzeuger springt an. In der Stellung M, die der Marschstellung entspricht, ist der Kontakt 10 geschlossen. Das Abstellen erfolgt durch Drücken auf den Knopf 7, wodurch eine weitere Viertelsdrehung eingeleitet wird, während welcher der Druckluftkolben 16 die Brennstoffpumpe ausschaltet und die Maschine stillsetzt. In der Stellung P dringt Druckluft in den Zylinder der Verstellvorrichtung 17 und verschiebt die Kolben nach aussen bis zur Anlasstellung, in welcher ein Steuerimpuls den Kontakt 8 öffnet und die letzte Viertelsdrehung auslöst.

Sollte der Gaserzeuger von selbst stoppen, so schliesst der Kontakt 5; der weitere Bewegungsablauf ist derselbe, wie wenn das Stillsetzen mittels des Kontaktes 7 erfolgt wäre. Die den Kontakt 5 betätigende Vorrichtung besteht aus einem Kolben, dessen obere Seite dem Höchstdruck, die untere Seite aber dem niedrigsten Druck in der Rückwurfstufe ausgesetzt ist. Solange der Gaserzeuger läuft, solange also Druckschwankungen in der Rückwurfstufe vorhanden sind, drückt die Druckdifferenz den Kolben entgegen der Feder nach unten. Sobald aber der Gaserzeuger still steht, gleichen sich die Drücke auf den beiden Seiten über eine kleine Bohrung im Kolben sofort aus, und die Feder verstellt den Kolben nach oben, worauf der Kontakt 5 schliesst.

Wird der Kontakt 6 in der Anlasstellung blockiert, wobei die Blockierung bei Betätigung des Kontaktes 7 sich wieder löst, so erfolgt nach jedem nicht beabsichtigten Stillstand des Gaserzeugers das Wiederanlassen automatisch.

3. Die Zentrale der «Compagnie Le Nickel» in Doniambo Neu-Kaledonien von 25 000 kW

Die Gesellschaft «Le Nickel», welche in Neu-Kaledonien ein Nickelschmelzwerk betreibt, erweiterte im Jahre 1959 ihre Anlage um vier neue elektrische Schmelzöfen, die einen zusätzlichen Energiebedarf von 50 000 kW erforderten. Diese Energie wird von einem Wasserkraftwerk geliefert; um aber trotz der unregelmässigen Regenmengen den ununterbrochenen Betrieb durchführen zu können, war es erforderlich, zusätzlich eine thermische Kraftstation aufzustellen, wobei zwischen einem Dampfkraftwerk, einer Gasturbinen-Anlage oder einem Dieselmotor zu entscheiden war [5].

Ein Dampfkraftwerk wurde aus Mangel an Anpassung, hohem Brennstoffverbrauch und langer Bauzeit abgelehnt. Eine Unterteilung in Gruppen von 12 000 kW oder 6000 kW hätte zwar einen besseren Teillastverbrauch ergeben, doch wären in diesem Falle die Kosten wesentlich höher ausgefallen. Ein grosser, langsam laufender Dieselmotor, der sich für den Betrieb mit Schweröl geeignet hätte, kam wegen des schlechten Baugrundes und den Transportschwierigkeiten nicht in Frage. Die Wahl fiel schliesslich auf eine Freikolbenanlage, die rasch aufgestellt werden konnte, ein ausge-

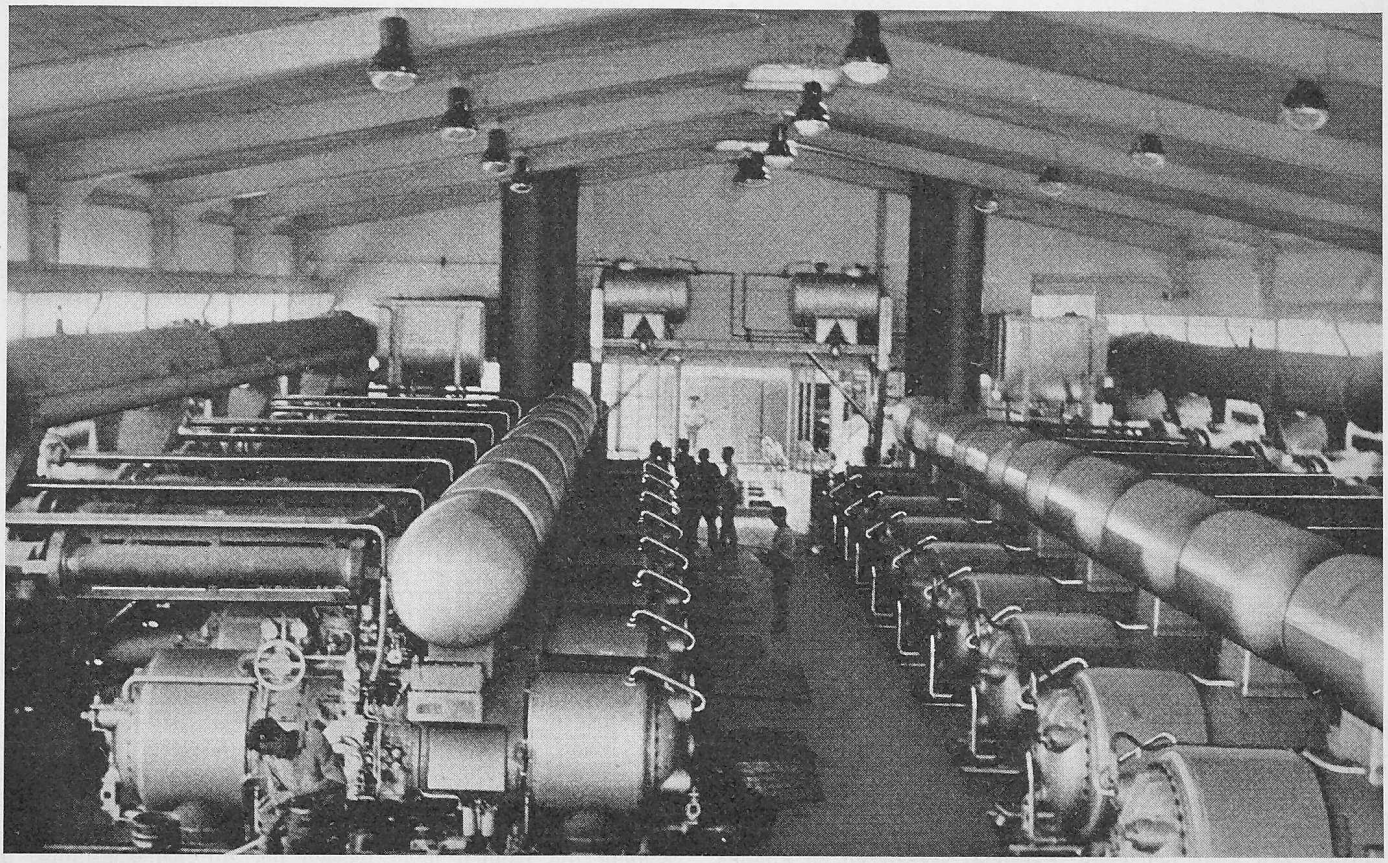


Bild 7. Gaserzeuger-Anlage in Doniambo

zeichnetes Teillastverhalten aufweist und keine schweren Fundamente benötigt. Die Bestellung erfolgte im Oktober 1957, und zwei Jahre später wurde die erste Gasturbinengruppe in Betrieb genommen.

Bild 6 zeigt die gesamte Anordnung dieser Anlage, die aus vier, von der Alsthom in Belfort gelieferten Gasturbinensätzen von je 6000 kW Leistung (Bild 8) und einem Gasturbinensatz von 1400 kW Leistung besteht. Die Gaserzeuger sind in vier Reihen in zwei getrennten Räumen aufgestellt (Bild 7). Die beiden mittleren Reihen weisen 9 Gaserzeuger auf; je einer davon versorgt die 1400 kW-Gasturbine, die schon früher in diesem Werk aufgestellt war.

Die Luft wird über Dämpfungskammern aus Blech angesaugt, welche durch zwei in ihrer Länge abgestimmte Leitungen mit den Gaserzeugern verbunden sind. Die Gassammelleitungen sind den Wänden entlang verlegt. Sie haben in der Nähe der Turbinen einen Festpunkt und können von diesem aus sich nach beiden Seiten frei ausdehnen. Jeder Maschinensatz hat seine eigenen Hilfsmaschinen, die in einem getrennten Raum aufgestellt sind.

Die verschiedenen Gruppen sind zwischen Oktober 1959 und März 1960 in Betrieb genommen worden. Da im ersten Betriebsjahr die vom Wasserkraftwerk gelieferte Leistung infolge Regenmangels sehr gering war, übernahm die Freikolben-Zentrale einen grossen Teil der benötigten Leistung. Bei einer mittleren Belastung von je 5600 kW und rd. 7000 Betriebsstunden lieferte die Anlage bis Ende Juni 1961 insgesamt über 150 Mio kWh. Der verwendete Brennstoff ist ein Schweröl mit einer Viskosität von etwa 800 sec Redwood bei 100° F. Störungen am Gaserzeuger, wie sie in der ersten Betriebszeit auftreten können, sind dank der Unterteilung der Leistung auf viele Einheiten leicht überwunden worden. Die Turbinen arbeiteten während der gesamten bisherigen Betriebszeit ohne jeden Zwischenfall.

Anlagen ähnlicher Art sind die Freikolbenkraftzentrale der «Electricité de France» in Ajacco, Korsika, bestehend aus drei Gruppen von 1500 kW Leistung (Bild 9), sowie zwei weitere Zentralen in Nordafrika von je 3000 kW, die eine in Hassi-Messaoud inmitten der Sahara die andere in Bougie an der Mittelmeerküste. Diese beiden Anlagen werden mit Rohöl betrieben. Sie dienen hauptsächlich der Förderung des in der Sahara gewonnenen Rohöls. Die Verwendung dieses Brennstoffes verlangte zwar einige geringfügige Abänderungen, vor allem des Einspritzsystems und der Zylinderschmierung, hat im übrigen aber keine Schwierigkeiten verursacht.

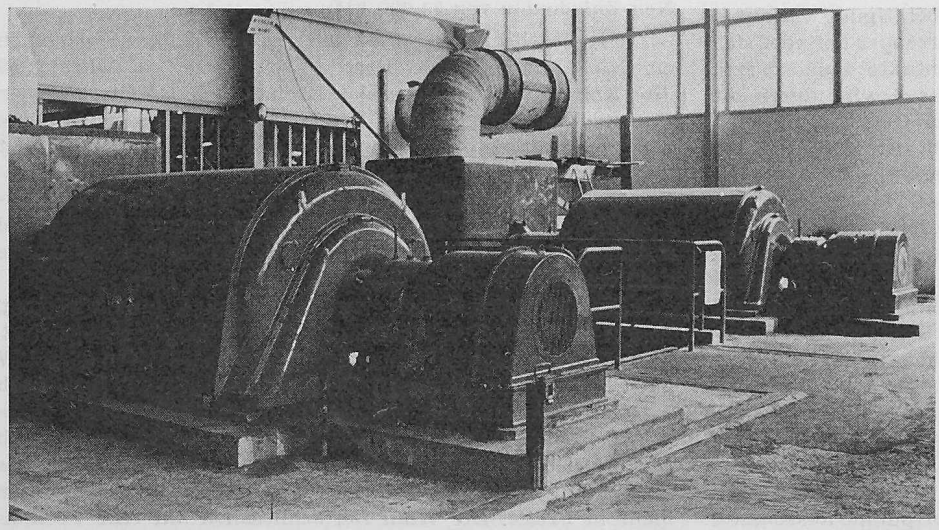


Bild 8. Gasturbinen mit Stromerzeuger von 6000 kW in Doniambo

Schluss folgt

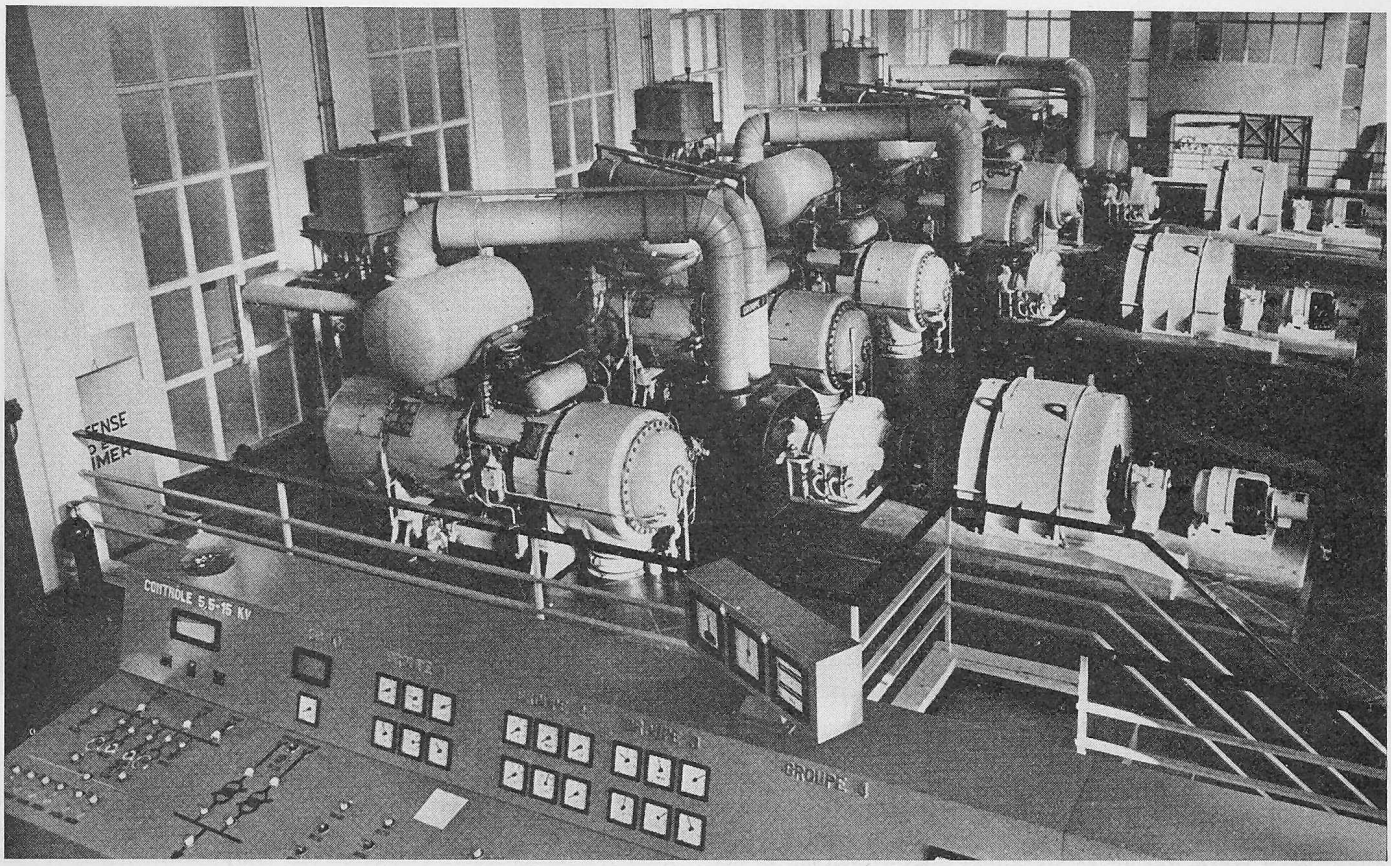


Bild 9. Freikolbenzentrale in Ajaccio mit 3 × 1500 kW Leistung

Stabstellen in der industriellen Unternehmung

DK 658.5

Das Institut für Betriebswirtschaft an der Handelshochschule St. Gallen bringt in seiner Schriftenreihe wiederum einen wertvollen Beitrag zur Vervollständigung der bestehenden Fachliteratur. Das neue Buch[1]) behandelt das vielfältige Arbeitsgebiet und die Arbeitsweise der Stabsstellen innerhalb von industriellen Unternehmungen, worüber überraschenderweise gerade bei den «Linien-Praktikern» aller Hierarchie-Schichten oft unklare Vorstellungen herrschen. Die Lektüre dieses ausführlichen Werkes (Dissertation) ist geeignet, die Erkenntnis für die Möglichkeiten und Grenzen einer Stabstätigkeit zu fördern.

Schon immer war die Tätigkeit eines «Spezialisten», in welcher Umgebung es auch geschah, irgendwie aussergewöhnlich. Diese Aussergewöhnlichkeit liegt wohl weniger im Arbeitsgebiet des Spezialisten als in der Art, wie er seine Aufgabe löst. Denn obwohl die meisten Aufgaben aus Zeitmangel der «normalen» Instanzen oder aus Gründen der Objektivität einem Aussenstehenden — nicht der sogenannten «Linie» angehörenden — übertragen werden, so ist doch wohl der Hauptzweck eines Stabes, Sonderaufgaben zu lösen, die oft unkonventionelle Behandlungsmethoden erfordern.

Der Stabsbegriff ist im Militärwesen schon lange bekannt. Mit der Entstehung grosser industrieller Unternehmungen, die einer straffen Organisationsform bedurften, ist die Notwendigkeit ähnlicher Einrichtungen erkannt worden. Der nutzbringende und reibungslose Einsatz von Stabsmitarbeitern innerhalb einer zivilen Gemeinschaft, wie sie eine Unternehmung darstellt, ist viel heikler als beim Militär, da der Anordnung einer Unternehmungsleitung niemals derselbe Nachdruck verliehen werden kann, wie ihn ein militärischer Befehl naturgegeben besitzt. Die hauptsächlich auftretenden Schwierigkeiten beginnen schon mit der Frage der Unterstellung und zweckmässigen Einordnung einer Stabsstelle in ein Unternehmungsgefüge und führen über das prekäre Kompetenzproblem bis zu den menschlich bedingten, oft aus Prestigegründen auftretenden Reibungen bei der Zusammenarbeit von Linien- und Stabsinstanzen.

Selbstverständlich kann kein allgemeingültiges, übernahmereifes Rezept dem Buch fixfertig entnommen werden; die klare, sauber gegliederte und umfassende Behandlung des Stoffes erleichtert im Einzelfall sicherlich die für die Schaffung und den erfolgreichen Einsatz einer Stabsstelle erforderlichen Entscheidungen einer Unternehmungsleitung. Im Anhang ist ein reichhaltiges Literaturverzeichnis zu finden.

Dipl.-Ing. *G. Wende*, Zürich

[1]) Stabsstellen in der industriellen Unternehmung. Von R. Staerkle. Nr. 3 der Schriftenreihe «Führung und Organisation der Unternehmung». 243 S. mit 17 graphischen Darstellungen. Bern 1961, Verlag Paul Haupt. Preis Fr. 24.80.

Technorama Winterthur

DK 725.91

Am 3. April d. J. fand in Winterthur die Generalversammlung des Vereins für ein Schweizerisches Technisches Museum statt, die vom Präsidenten, Ing. *H. C. Egloff*, geleitet wurde, und deren Hauptstück ein Vortrag von *Oskar Stücheli*, ehemaliger Präsident des Verbandes Schweizerischer Eisengiessereien, bildete. Seine Ausführungen «Aus der Frühgeschichte des Eisengusses in der Schweiz» sind zusammengefasst veröffentlicht in der «Schweiz. Techn. Zeitschrift» vom 24. Mai d. J.; sie sollen demnächst vollinhaltlich im Druck erscheinen.

Am darauf folgenden Samstag, 7. April, fand die Einweihung der *Lagerhalle* statt, die an der äusseren Frauenfelderstrasse in Oberwinterthur errichtet worden ist (Standort 2 in der Karte unserer Veröffentlichung von 1960, H. 39, S. 625). Unter grosser Beteiligung der Bevölkerung konnte dort der Präsident die von Arch. *E. Bosshardt* mit einem Kostenaufwand von rd. 160 000 Fr. geschaffene, 1200 m² bedeckende Halle ihrem Zweck übergeben. Vorläufig werden erst rd. 400 m² vom Lagergut des Technoramas beansprucht; der Rest des Hallenraums ist an Gebr. Sulzer günstig (für das Technorama!) vermietet. Stadtpräsident Dr. *H. Rüegg* wid-